

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«ЗАВОД УГЛЕРОДНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»  
(ООО «ЗУКМ»)**

Челябинский электродный завод, г. Челябинск, Челябинская обл. 454038, а/я 4434  
Телефон: (351) 729-88-66, факс: (351) 729-88-66 доб. 2-58 E-mail: official-mail.ccmp@umatex.ru  
ОКПО 94812603, ОГРН 1067450027248 ИНН 7450045935, КПП 746001001

Челябинск

№ \_\_\_\_\_



**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор ООО «ЗУКМ»  
кандидат технических наук

Сорокоунов  
Иван Михайлович\*

8.2. 11. 2023г.

Отзыв на автореферат диссертации Загидуллина Радмира Салимьяновича:  
«Совершенствование модели обеспечения качества проектирования и изготовления деталей и узлов аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов в условиях аддитивного производства», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

В настоящее время в аэрокосмической отрасли ускорилось внедрение полимерных композитных материалов для изготовления деталей и узлов изделий авиационно-космической техники. Это главным образом обусловлено высокими физико-механическими свойствами полимерных композитных материалов по сравнению с традиционными материалами (главным образом алюминиевыми сплавами). Кроме того, благодаря достижениям ученых – и специалистов-материаловедов полимерные композитные материалы получают свойства тепло – и электропроводности, что увеличивает область их применения.

Диссертация Загидуллина Радмира Салимьяновича посвящена решению проблемы повышения качества деталей и узлов аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов в условиях аддитивного производства.

В работе проведен анализ существующих методов и подходов обеспечения качества этапов проектирования, предпечатной подготовки и FDM 3D-печати деталей и узлов аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов и представлены разработанные автором новые модель и методики обеспечения качества, а именно:

1) Функциональную модель обеспечения качества деталей и узлов аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов в условиях аддитивного производства, основанная на применении робастных методов: QFD, FMEA, планирования экспериментов по методу Г. Тагути, отличающаяся одновременным применением экспертного параметрического проектирования характеристик деталей и узлов и процесса FDM 3D-печати и аналитического моделирования, позволяющего валидировать результаты проектирования.

2) Усовершенствованную методику анализа видов и последствий потенциальных несоответствий процесса 3D-печати (Additive Failure Mode and Effects Analysis, AFMEA), позволяющая комплексно анализировать 3 взаимосвязанных этапа: этапы проектирования, предпечатной подготовки, 3D-печати и учитывающая особенности аддитивного производства.

Входящий № 207-9382  
Дата 04 ДЕК 2023  
Самарский университет



3) Методика нивелирования («компенсации») высокого уровня вариабельности диаметра прутка филамента для обеспечения качества деталей и узлов аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов, основанная на применении статистических методов и экспериментальных исследований.

4) Методику проектирования и изготовления деталей и узлов аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов в условиях аддитивного производства, основанная на применении робастных методов: QFD, AFMEA, планирования экспериментов по методу Г. Тагути, методики нивелирования («компенсации») высокого уровня вариабельности диаметра прутка филамента в совокупности с программными системами трехмерного проектирования и инженерного анализа.

На наш взгляд, отдельно стоит отметить методику нивелирования («компенсации») высокого уровня вариабельности диаметра прутка филамента, где автор провел статическую обработку и экспериментальные исследования по поиску и влиянию технологических параметров FDM 3D-печати на величину угловых и параллельных зазоров в напечатанных деталях из полимерных композитных материалов, возникающих в следствии недоэкструзии. Кроме того, автор в ходе экспериментальных исследований получил зависимости прочностных, геометрических, массовых характеристик напечатанных деталей от технологических параметров FDM 3D-печати. Найденные зависимости автор использовал в методике проектирования и изготовления деталей и узлов аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов в условиях аддитивного производства.

Предложенные научно-технические решения диссертации Загидуллина Радмира Салимьяновича прошли апробацию на действующем предприятии авиакосмической отрасли.

К недостаткам работы можно отнести отсутствие снимков с микроскопа шлифа напечатанных образцов в процессе проведения экспериментальных исследований.

Указанное замечание не является значимым и не снижает общей положительной оценки работы.

Диссертация Загидуллина Радмира Салимьяновича выполнена на актуальную тему и на высоком научно-техническом уровне. Работа полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор – Загидуллин Радмир Салимьянович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством. Стандартизация. Организация производства.

Инженер-технолог

Инженер по автоматизации

А.Р. Аблаев\*\*

Ж.Б. Телюбаев\*\*\*

\* - ООО «ЗУКМ», 454000, РФ, г. Челябинск, тер. Челябинский электродный завод +7 (351) 729 88 66, e-mail: [zukm@umatex.ru](mailto:zukm@umatex.ru)

\* - ООО «ЗУКМ», 454000, РФ, г. Челябинск, тер. Челябинский электродный завод +7 (351) 729 88 66, e-mail: [a.ablaev@umatex.ru](mailto:a.ablaev@umatex.ru)

\* - ООО «ЗУКМ», 454000, РФ, г. Челябинск, тер. Челябинский электродный завод +7 (351) 729 88 66, e-mail: [z.teljubaev@umatex.ru](mailto:z.teljubaev@umatex.ru)

И.М. Сорокоумов, Ж.Б. Телюбаев, А.Р. Аблаев выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Загидуллина Радмира Салимьяновича и их дальнейшую проработку